

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 27 AUG 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

103 31 781.3

**Anmeldetag:**

11. Juli 2003

**Anmelder/Inhaber:**

Continental Teves AG & Co oHG,  
60488 Frankfurt/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren und Vorrichtung zur Verbesserung des  
Regelverhaltens einer elektronisch geregelten  
Kraftfahrzeugbremsanlage

**IPC:**

B 60 T 8/60

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. Juli 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

**Stanschus**

## **Verfahren und Vorrichtung zur Verbesserung des Regelverhaltens einer elektronisch geregelten Kraftfahrzeugbremsanlage**

Bekannte elektronisch geregelte Kraftfahrzeugbremsanlagen beruhen auf dem sogenannten Rückförderprinzip, wobei während einer Antiblockier-Regelung Bremsflüssigkeit dosiert aus Radbremsen abgelassen und temporär von einem Druckspeicher aufgenommen wird. Das Speichervolumen wird anschließend von einer Rückförderpumpe in einen Hauptbremszylinder zurück gefördert.

Eine dosierte sowie schnelle elektronische Regelung erfordert eine hinreichende Kenntnis von den herrschenden Systemzuständen (Druck, Temperatur, Volumen), ohne freilich eine zu große Anzahl von Sensoren oder ein zu komplexes und damit verzögert ablaufendes Programm zu benötigen.

Um den erforderlichen Aufwand in vertretbaren Grenzen zu halten, bemüht man Modelle, welche die Regelfunktion und den Komfort des Gesamtsystems beeinflussen. Die Bilanzierung der Volumenströme im Rückförderkreis, während einer ABS-Regelung, erfolgt bisher auf Basis eines Niederdruckspeichermodells (NDS-Modell). Darin wird das, über die Auslassventile von den Radbremskreisen aufgenommene Volumen mit dem, durch die Pumpe abgeführten Volumen verrechnet. Die Genauigkeit des Niederdruckspeichermodells ist, auf Grund idealisierter Annahmen bestimmter Randbedingungen und sicherheitsgewichteter Modellauslegung, relativ gering (Fig. 1). Insbesondere zu Beginn der Regelung, sind große Abweichungen gegenüber dem realen Zustand die Regel, weil die Volumenflussinformationen zu diesem Zeitpunkt nur sehr ungenau abgeschätzt werden können.

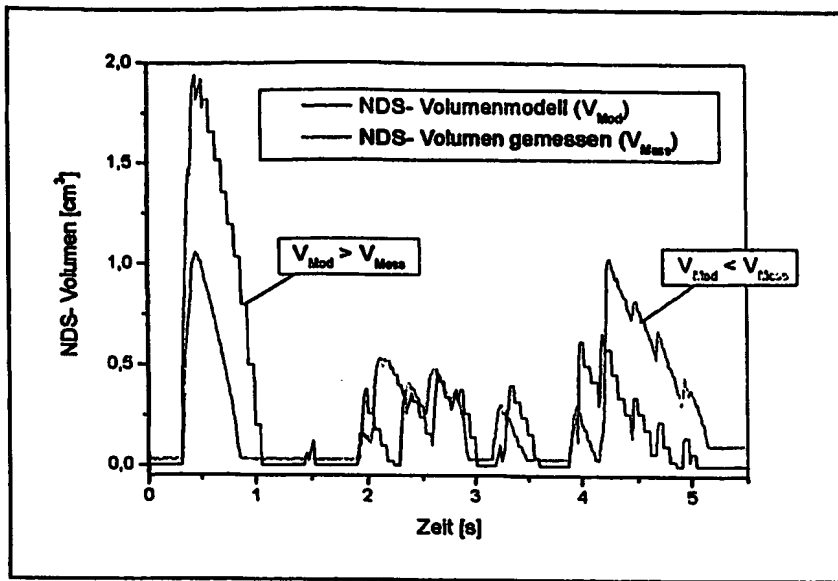


Fig. 1

Zur bedarfsgerechten Konditionierung des Rückförderstroms, wird die Drehzahl des Motorpumpenaggregates (MPA) anhand des NDS- Modells proportional moduliert. Modellfehler und Modellabweichungen gehen daher unmittelbar proportional in die Motor-Pumpensteuerung ein und bedingen so zwangsläufig, fehldimensionierte Ansteuerungen des MPA (Motor-Pumpen-Aggregat), was entweder eine erhöhte Geräuschemission infolge zu langem Pumpenlauf oder aber ein Restvolumen in den Speichern in folge zu kurzem Pumpenlaufes zur Folge hat. Zur Verdeutlichung der Abweichungen des bekannten NDS-Modells dient \Fig. 1\ . Die Abweichungen beeinträchtigen zumindest den Komfort, können jedoch auch die Gesamtfunktion des Systems beeinträchtigen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, das bekannte <sup>Regelverhalten</sup> NDS-Modell zu verbessern.

LUFZ-Bremsanlagen

Zur Lösung dieser Aufgabe werden erfindungsgemäß Leerförderphasen der Pumpe erkannt und die so gewonnene

Information zur Optimierung des NDS-Modells herangezogen. Im Ergebnis werden Mängel reduziert bzw. eliminiert, und das gesamte Regelverhalten der Kraftfahrzeugbremsanlage verbessert.

Die Erfindung beruht auf der folgenden Erkenntnis. Während eines ABS- Regelzyklus, unterliegt die Rückförderpumpe wechselnden Belastungen infolge eines diskontinuierlichen Volumendurchsatzes ( $\dot{Q}$ ) an den Rädern. Die durchsatzabhängigen Lastzustände werden <sup>auch</sup> als Fördermodi bezeichnet. In einer Zweikreis- Bremsanlage (Abb.2) sind drei verschiedene Lastzustände möglich, ein einkreisiger Lastzustand, ein zweikreisiger Lastzustand sowie der Leerfördermodus <sup>zustand</sup>.

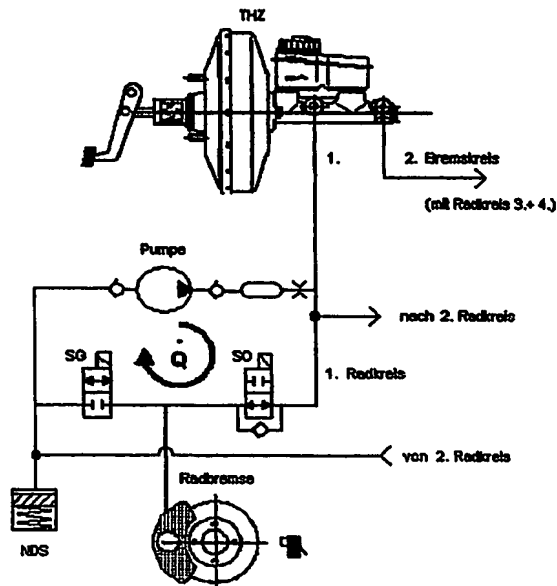


Fig.2

Nach dem Wechsel von einem Lastzustand mit einem mittleren Lastdrehzahlniveau in einen Leerfördermodus sind die Niederdruckspeicher (NDS) beider Bremskreise leer weil bereits sämtliches Volumen in Richtung Hauptbremszylinder gefördert wurde, und die Pumpe keine Bremsflüssigkeit ansaugen kann.

*temporär aufgenommenes*

Weil jedoch die zugeführte elektrische Leistung (Requested\_Pump\_Speed) konstant bleibt, steigt die MPA-Drehzahl an. (Fig. 3) Entsprechend des gewandelten Lastmoments, stellt sich ein neues, mittleres Leerlaufdrehzahlniveau ein.

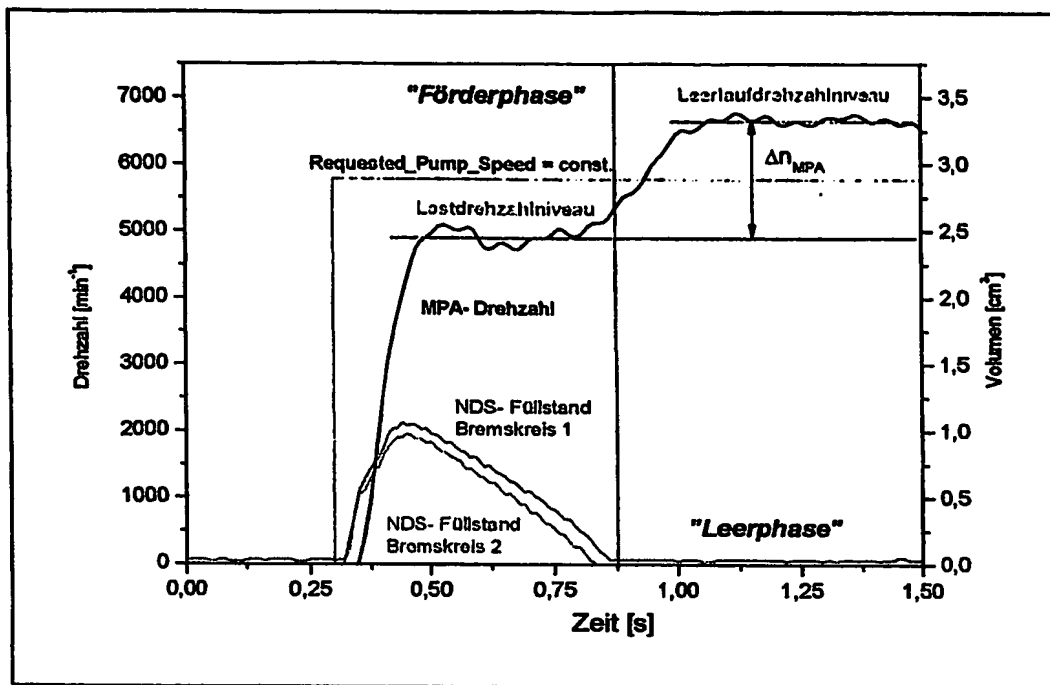


Fig. 31

Das nachfolgend detailliert beschriebene Verfahren ist in der Lage, die Drehzahländerung ( $\Delta n_{MPA}$ ) zu bewerten und kann, anhand begleitender Merkmale, indirekt den Leerfördermodus erkennen.

Der elektrische Antrieb des MPA erfolgt durch eine fremderregte Gleichstrommaschine. Die MPA-Drehzahl wird über eine Pulsweitenmodulation (PWM) der Klemmenspannung gesteuert. Innerhalb eines festen Intervalls (aktuell  $t = 60\text{ms}$ ), wird die Dauer der Ein- und Ausschaltphase entsprechend der Drehzahlvorgabe (= Requested\_Pump\_Speed) stufenartig moduliert. (Fig. 4)

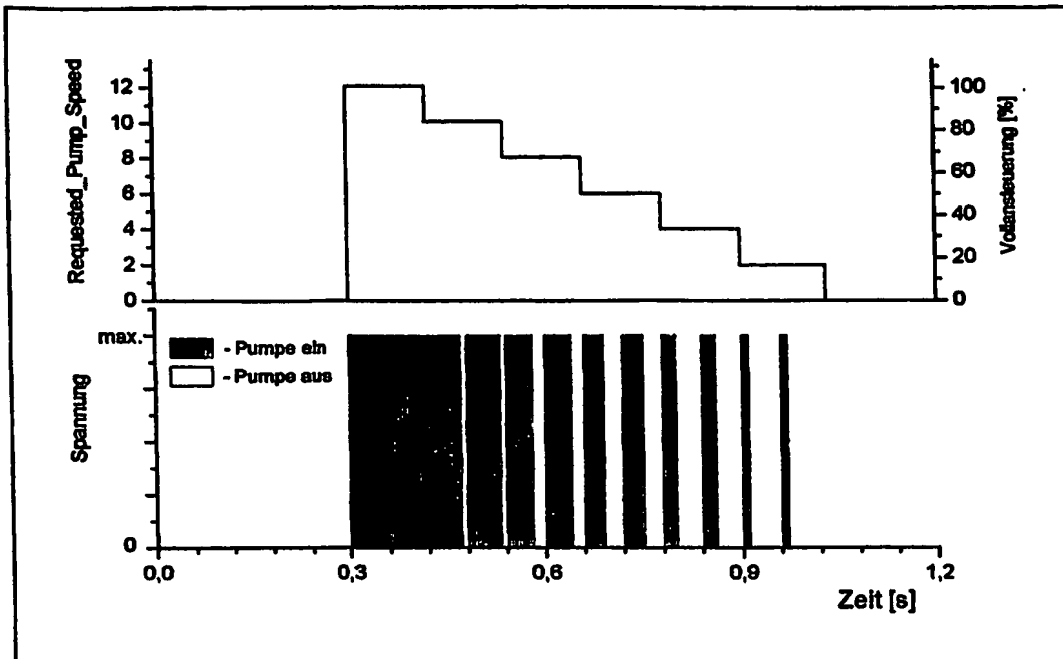


Fig. 4

Bei einer Requested\_Pump\_Speed von 12 erfährt der elektrische Antrieb eine Vollansteuerung über das gesamte Intervall. Ab einer Requested\_Pump\_Speed  $\leq 10$  wird der elektrische Antrieb getaktet angesteuert. Die Ankerspannung wird zyklisch unterbrochen. Mit abnehmender Requested\_Pump\_Speed nimmt die Pulsweite der Ausschaltphasen (Pumpe aus) zu.

Die pulswertenmodulierte Klemmenspannung wird mittels eines Analog- Digital- Konverters als Reglersignal generiert. In der PWM- Einschaltphase entspricht dieses Signal etwa der maximal verfügbaren Bordspannung im Fahrzeug.

Während der PWM- Ausschaltphase wird der Motor zum Generator. Die gemessenen Spannungswerte können in dieser Phase, durch die Gleichung

$$U_A = C_{Masch} \cdot \Phi \cdot n + R_A \cdot I_A$$

direkt mit der MPA- Drehzahl in Beziehung gesetzt werden. Im Leerlauf ist der Ankerstrom ( $I_A$ ) auf Grund des reduzierten

Lastmomentes relativ gering und kann vernachlässigt werden. Der Erregerfluss ( $\Phi$ ) sowie die Motorkonstante ( $C_{Masch}$ ) sind feste, konstruktionsbedingte Einflussgrößen. Die Generatorspannung ( $U_{MPA,off}$ ) des MPA wird in diesem Moment nur von der Leerlaufdrehzahl determiniert. Daraus ergibt sich für die MPA- Drehzahl im Generatorbetrieb die folgende Proportionalität (Fig. 5).

$$n_{MPA} \sim U_{MPA,off}$$

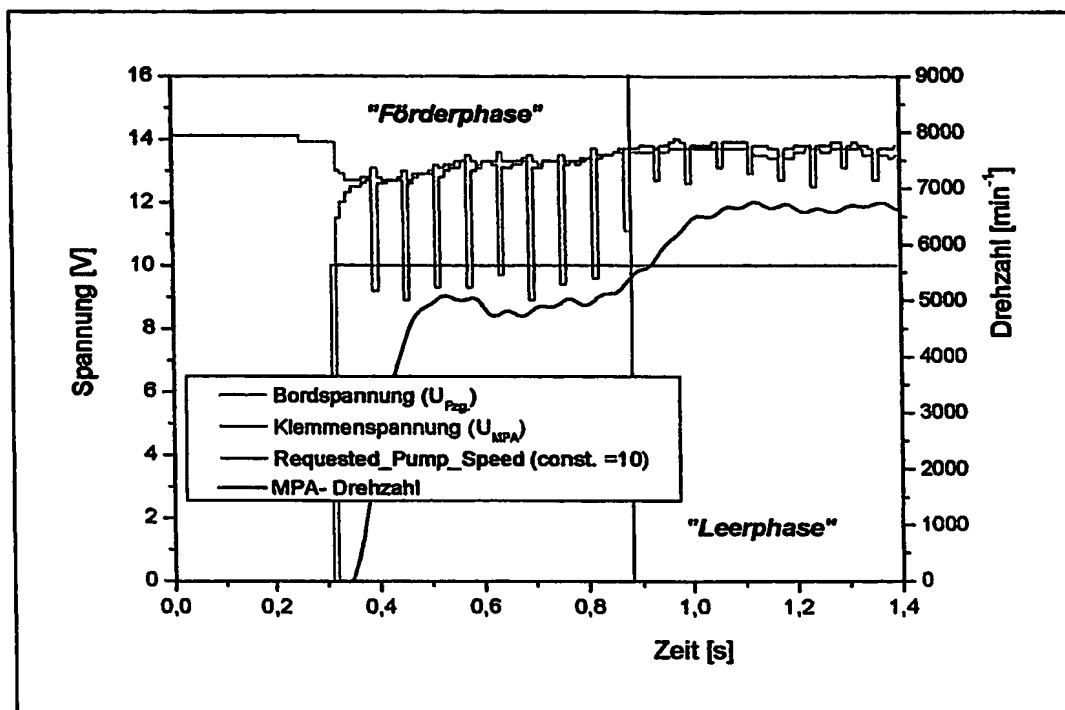


Fig. 5

Die Signalverläufe der Bord- und Klemmenspannung unterliegen relativ starken Einflüssen der übrigen elektrischen Verbraucher im Fahrzeug. Dadurch kommt es zu Schwankungen, welche die Signalqualität relativ stark beeinflussen, so dass eine genaue Aussage über den Fördermodus oft nicht abgeleitet werden kann.

Ein charakteristisches Merkmal für die Bewertung des Lastzustandes der Pumpe, ist der Spannungsabfall im Moment des Ein/Aus- Phasenwechsels während der PWM. Es hat sich gezeigt, dass der Spannungsabfall relativ unempfindlich gegenüber Schwankungen der Basissignale ist. Mit Beendigung der Einschaltphase fällt die Klemmenspannung vom Bordspannungsniveau ( $U_{MPA,on}$ ) auf das Niveau der Generatorspannung ( $U_{MPA,off}$ ) ab. (Abb.6) Der Betrag der Flanke berechnet sich aus der Differenz:  $\Delta U_{Flanke} = U_{MPA,on} - U_{MPA,off}$ .

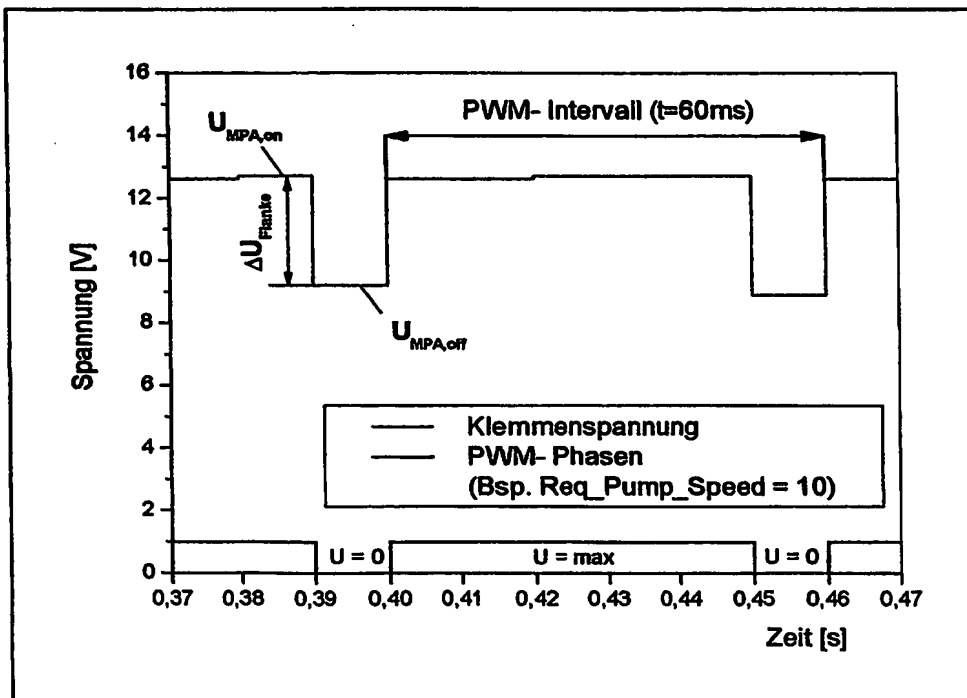


Fig.. 6

Mit zunehmender MPA- Drehzahl ( $n_{MPA}$ ) verringert sich der Betrag des Spannungsabfalls ( $\Delta U_{Flanke}$ ). (Fig. 7)



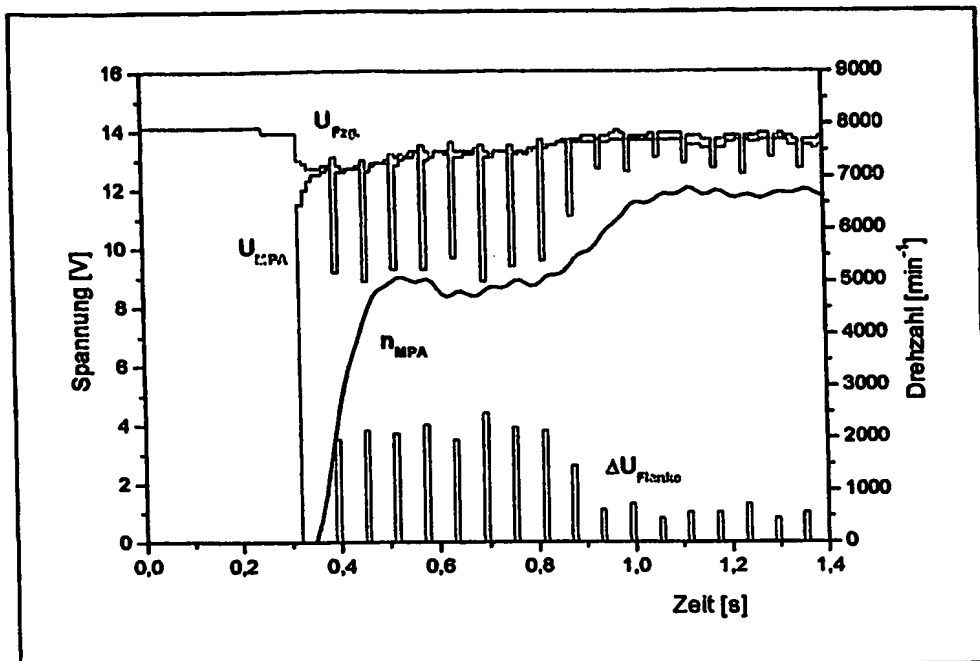


Fig. 7

Die zeitliche Bestimmung der Pumpenleerlaufphase orientiert sich an der Ausprägung des Spannungsabfalls ( $\Delta U_{Flanko}$ ). Unterschreitet dieser, einen für diese PWM- Taktung typischen Schwellwert (z.B.  $\Delta U_{LL_{RPS 10}}$ ), wird ein Pumpenleerlauf erkannt. (Fig. 9) Die NDS- Modelle der Bremskreise werden zurückgesetzt und neu gestartet. Die Pumpendrehzahl kann in diesem Moment adaptiv reduziert werden, da ein Förderbedarf nicht mehr relevant ist.

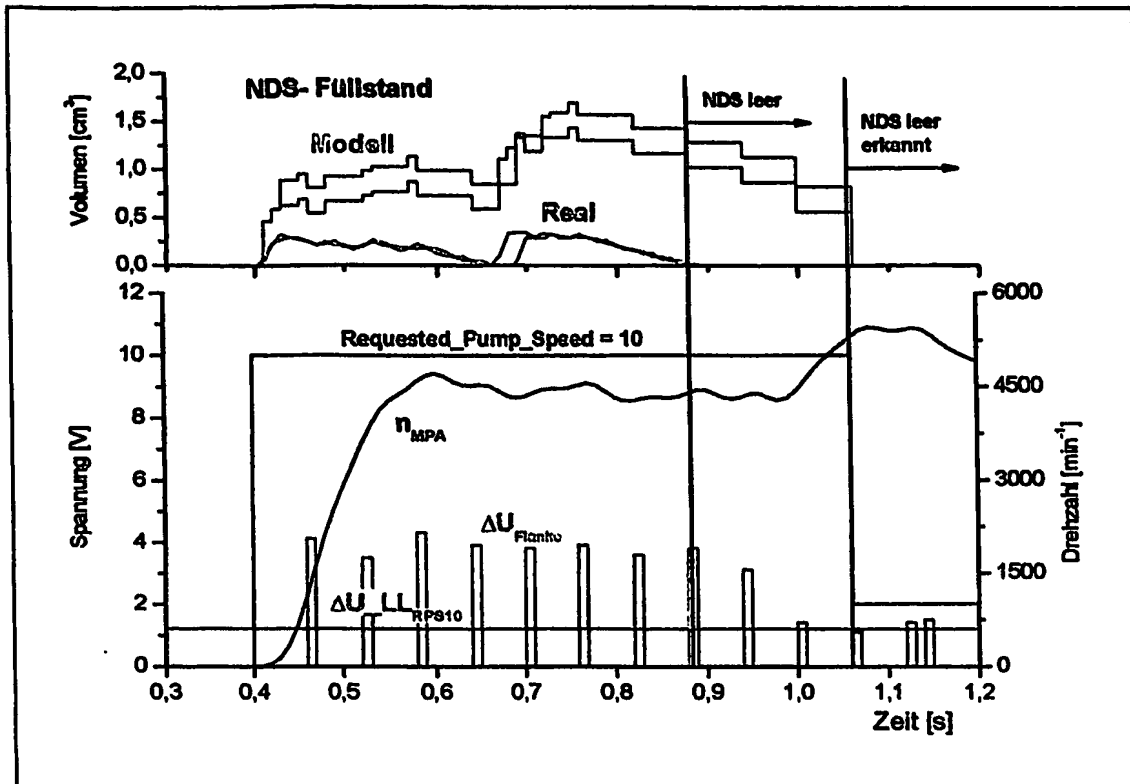


Fig. 9

Die Erkennung des Leerlaufes einer Rückförderpumpe von Elektrischen Bremssystemen kann anhand drehzahlabhängiger Merkmale der zurückgelesenen Klemmenspannung des MPA erfolgen.

Unter der Voraussetzung einer pulsweitenmodulierten bzw. getakteten Pumpenansteuerung besteht die Möglichkeit, den Spannungsabfall im Moment des Ausschaltens zu bewerten. Durch einen Vergleich der Ausprägung des Spannungsabfalls mit entsprechenden Referenzschwellen bei konstanter Taktung, kann der Beginn einer Leerförderphase bestimmt werden.

Die Qualität des NDS- Modells wird erhöht. Die damit verbundene, präzisere Ansteuerung des MPA ermöglicht eine verbesserte Wirtschaftlichkeit und Performance des Gesamtsystems.